

Дорофеев Юрий Иванович – доктор технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри системного аналізу та інформаційно-аналітичних технологій; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7964-1286>; e-mail: dorofeev@kpi.kharkiv.edu

Гармаш Даниїл Васильевич – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», аспирант; м. Харьков, Украина; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7281-2989>; e-mail: daniilharmash@gmail.com

Дорофеев Юрий Иванович – доктор технических наук, доцент, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», профессор кафедры системного анализа и информационно-аналитических технологий; г. Харьков, Украина; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7964-1286>; e-mail: dorofeev@kpi.kharkiv.edu

Harmash Daniil Vasilyevich – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", graduate student; Kharkiv, Ukraine; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7281-2989>; e-mail: daniilharmash@gmail.com

Dorofiev Yuri Ivanovich – Doctor of Technical Sciences, Docent, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Professor at the Department of System Analysis and Informative-Analytical Technologies; Kharkiv, Ukraine; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7964-1286>; e-mail: dorofeev@kpi.kharkiv.edu.

UDC 004.827

DOI: 10.20998/2079-0023.2019.02.09

D. E. DVUKHHGLAOV, T. O. RIABUKHA

DEVELOPMENT OF A DATABASE STRUCTURE FOR STORING MODELS FOR DETERMINATED ALPHABETES CLASSES RECOGNITION BASED ON THE SET OF HETEROGENEOUS CHARACTERISTIC

The objects and situations recognition is important problem in such areas as the definition of the types of air objects according to various sources of information, diagnosis of patients on the results of the survey and analysis, diagnostics of different equipment or technic types. Under the recognition refers to the process of obtaining the initial information about the affiliation of each studied element to a class based on analyze of the incoming information about studied elements of the environment, using methods to transform input data environment into output. The paper presents a model of the recognition process, which is characterized by the decision making of the class object based on the analysis of a set of quantitative and qualitative characteristics of which information can be obtained from various sources. The article presents a formalized set-theoretic model of the recognition process. According to the model, to attribute an object or situation to a certain class, it is necessary to define a set of feature groups of different types that allow to identify objects (situations) of a particular class. To perform recognition process experts based on experience or on the basis of statistical data must define a fuzzy affiliation function of the object of observation to each class with a set of values [0,1]. In the article shown representation of such function for quantitative characteristic in the form of a histogram. For qualitative attributes determined own values for each value. The new result of researches is a data structure for storing of the recognition process model, which allows to store together diverse characteristics and affiliation functions of different types at the same database tables. The proposed structure can be used in the process of the development of recognition systems software. It should be noted that will provide increased reliability of data storage by reducing the components of the database structure but also increased the complexity of the procedures and algorithms for saving and selecting the data.

Keywords: objects and situations recognition system, recognition systems software, recognition process model representation, structure database for store quantitative and qualitative characteristic.

Д. Е. ДВУХГЛАНОВ, Т. О. РЯБУХА

РОЗРОБКА СТРУКТУРИ БАЗИ ДАНИХ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ МОДЕЛІ РОЗПІЗНАВАННЯ КЛАСІВВ ДЕТЕРМІНОВАНОГО АЛФАВІТУ НА ОСНОВІ НАБОРУ РІЗНОРІДНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Задача розпізнавання об'єктів та ситуацій є актуальною у таких сферах, як визначення типів повітряних об'єктів за даними різних джерел інформації, діагностика стану хворих за результатами опитування та аналізів, діагностика стану техніки різного призначення. Під розпізнаванням розуміється процес отримання вихідної інформації про приналежність кожного досліджуваного елемента до певного класу на основі аналізу вхідної інформації про досліджувані елементи середовища, застосовуючи методи перетворення вхідної інформації у вихідну. В роботі представлена модель процесу розпізнавання, характерною рисою якої є здійснення розпізнавання на основі аналізу набору кількісних та якісних ознак, інформація про які може бути отримана від різних джерел. В статті представлена формальна теоретико-множинна модель процесу розпізнавання. Згідно моделі, для віднесення об'єкту або ситуації до певного класу необхідно визначити набір груп ознак різних типів, що дозволяють ідентифікувати об'єкти (ситуації) певного класу. Для проведення розпізнавання експерти на основі досвіду або на основі статистичних даних мають задати нечітку функцію належності об'єкту спостереження до кожного класу із множиною значень [0,1]. В статті розглядається представлення такої функції для кількісних ознак у вигляді гістограм. Для значень якісних ознак визначається власне значення для кожного значення. Новим результатом досліджень є розроблена структура даних для зберігання моделі процесу розпізнавання, яка дозволяє зберігати сумісно зберігати різномірні характеристики та функції належності різного виду в одних і тих же таблицях. Запропонована

© D. E. Dvukhhlavov, T.O. Riabuha, 2019

структура може бути використана в процесі побудови програмного забезпечення систем розпізнавання. При цьому слід зазначити, що реалізація такого рішення забезпечує підвищення надійності зберігання даних за рахунок зменшення компонентів структури бази даних, але збільшує складність алгоритмів процедур збереження та витягу даних.

Ключові слова: система розпізнавання об'єктів та ситуацій, програмне забезпечення систем розпізнавання, представлення моделі процесу розпізнавання, структура бази даних для хранения кількісних та якісних характеристик.

Д. Э. ДВУХГЛАВОВ, Т. О. РЯБУХА

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ МОДЕЛИ РАСПОЗНАВАНИЯ КЛАССОВ ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО АЛФАВИТА НА ОСНОВЕ НАБОРА РАЗНОРОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Задача распознавания объектов и ситуаций актуальна в таких сферах, как определение типов воздушных объектов по данным различных источников информации, диагностика состояния больных по результатам опроса и анализов, диагностика состояния техники различного назначения. Под распознаванием понимается процесс получения исходной информации о принадлежности каждого исследуемого элемента к определенному классу на основе анализа входящей информации об исследуемых элементах среды, применяя методы преобразования входной информации в выходную. В работе представлена модель процесса распознавания, характерной чертой которой является осуществление распознавания на основе анализа набора количественных и качественных признаков, информация о которых может быть получена от различных источников. В статье представлена формальная теоретико-множественная модель процесса распознавания. Согласно модели, для отнесения объекта или ситуации к определенному классу необходимо определить набор групп признаков различных типов, позволяющих идентифицировать объекты (ситуации) определенного класса. Для проведения распознавания эксперты на основе опыта или на основе статистических данных имеют определенную функцию принадлежности объекта наблюдения до каждого класса с множеством значений $[0,1]$. В статье рассматривается представление такой функции для количественных признаков в виде гистограммы. Для значений качественных признаков определяется собственное значение для каждого значения. Новым результатом исследований является разработанная структура данных для хранения модели процесса распознавания, которая позволяет совместно хранить разнородные характеристики и функции принадлежности различного вида в одних и тех же таблицах. Предложенная структура может быть использована в процессе построения программного обеспечения систем распознавания. При этом следует отметить, что реализация такого решения обеспечивает повышение надежности хранения данных за счет уменьшения компонентов структуры базы данных, но увеличивает сложность алгоритмов процедур сохранения и извлечения данных.

Ключевые слова: система распознавания объектов и ситуаций, программное обеспечение систем распознавания, представление модели процесса распознавания, структура базы данных для хранения количественных и качественных характеристик.

Introduction. Nowadays reality define necessary of widely using of automation systems, which executed analytical information processing, for effective decisions making. In set of tasks need supporting such systems have to be included recognition situations task.

The theoretical basis of recognition objects or situations presents in [1]. Modern recognition situations methods base on fuzzy sets [2], functionality ordinal networks [3], Bayesian approach [4] and neural networks [5]. The tasks of recognizing objects and situations, the tasks of recognition are relevant in medicine [6], in military affairs [3, 7], in operational management [8]. A special area is the recognition of situations in the flow of multimedia [9, 10].

The difficulty of using some methods, in particular Bayesian approach and neural networks, is that their using requires the recognition data set over a long period. To obtain such a set is not always possible. Some part of the methods works only with quantitative characteristics of objects or situations, which are taken values in continuous range. Therefore, more and more the recognition of situations or objects relies on methods based on the formalized expert knowledge.

The purpose of the article. In [11] was presented approach to recognition objects and situations, which allow to represent data for identification of different nature. However, when developing the appropriate software implementation of the proposed approach, the task of organizing the storage of a process recognition model in the computer's memory became needful. You can see below that this task is not trivial. Result of researches of way of solving this task presents in this article.

The essence of the task of recognition objects situations and. The objects or situations recognition task is to make conclusion about the class of observed objects

(situation) by analyzing their characteristics (parameters and relationships with other objects subject area).

The concept of "class" is a set of observed objects or situations, which is characterized by the laws of manifestation of properties.

The features of the observed situation, presented in recognition system as a set of characteristics $\{X_1, \dots, X_L\}$, where L – number of characteristics used to identify situations of a certain type. The list of features is common to all type situations, but these symptoms manifest themselves differently in different classes of situations.

The term "alphabet" means disjoint set of classes:

$$A_m = \{K_1^m, K_2^m, \dots, K_{M_m}^m\}, \quad (1)$$

where K_i^m – classes of alphabet A_m ;

M_m – number of alphabet classes.

Common tasks of this type is to determine the general condition. For example: initial examination of patients with the help of a survey in the emergency department or determining the type of aircraft or ship in accordance with various technical information.

The formalization of source data. Based on the analysis of characteristics used in the detection, we can conclude that their composition is diverse in terms of mathematical properties values.

In many cases the set of possible values of the characteristic is a subset of the real numbers:

$$X_k \in [X_{k_{\min}}, X_{k_{\max}}], \quad (2)$$

where X_k – k -th characteristic used to identify classes of objects in the m -th alphabet;

$X_{k_{\min}}, X_{k_{\max}}$ – minimum and maximum possible values of attributes for objects that are recognized.

Such characteristics are called quantitative. For example, for the recognition of aircraft objects types such characteristics are speed and altitude, in medical diagnostic – are temperature and human height.

Characteristics that take value from a specified list and do not have any order structure, are called qualitative:

$$X_k \in [z_1^k, z_2^k, \dots, z_{z_k}^k], \quad (3)$$

where z_p^k – p -th possible value of k -th characteristics used to identify classes of objects in the m -th alphabet;

$$N_k^{miq} = \left\{ \left(X_k, \mu^{miq}(X_k) \right) \right\}, \quad (5)$$

where $\mu^{miq}(X_k)$ – degree of belonging to i -th class situations according to values of characteristic X_k^m as part of q -th alternative group of characteristic.

One approach to knowledge representation pattern of display values in the form of quantitative characters is the use of histograms (see fig. 1). This presentation is easy for understanding, and also allows a satisfactory degree of reliability to pass basic laws of the subject area and is easy

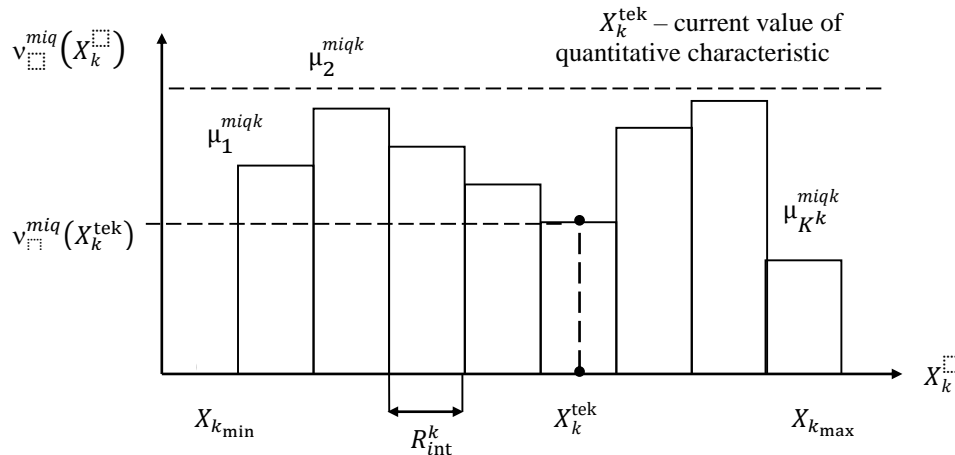


Fig. 1. Graphic illustration of the formalization of the laws of manifestation quantitative characteristics values using histograms

Z_k – total number of possible values of this characteristic.

To assign a situation to a class, it is necessary to analyze it more carefully and select a class for it in accordance with the rules.

When solving the problem of recognizing an air object, the characteristics should be taken into account: the size of the group of aircraft or the nature of the maneuver.; in medicine – the overall functional state or the nature of employment.

The basis for constructing rules of measures of proximity of objects observed classes alphabet is to define the set of alternative groups characteristics, patterns of manifestation which will be analyzed. Formally, this can be determined by the following expression:

$$K_i^m = \bigcup_{q=1}^{Q_i} G_q = \bigcup_{q=1}^{Q_i} \bigcap_{k \in R_{iq}} X_k, \quad (4)$$

where G_q – alternative group characteristics q , which allows to make recognition;

Q_i – number of alternative groups characteristics used to identify i -th class situation;

R_{iq} – set of indexes of q -th alternative characteristics group, used to identify the i -th class situations.

For each characteristic used for recognition i -th class situations as part of q -th group, experts determined the pattern of values characteristics appearance for a particular situations as fuzzy set N_k^{miq} , which can be presented as shown in formula (5):

in processing.

To construct a histogram certain features expert must set the width of the interval R^k or their number K^k . In the last case the width of the interval is calculated according to formula:

$$R^k = \frac{X_{kmin} - X_{kmax}}{K^k}. \quad (6)$$

For each histogram interval, the expert must determine the value of the situation belonging to a particular class. The values of the membership function for quantitative attributes are determined by the formula:

$$\mu^{miq}(X_k) = \begin{cases} \mu_1^{miqk} & \left| X_k \in \left[X_{kmin}, X_{kmin} + R_{int}^k \right] \right.; \\ \mu_2^{miqk} & \left| X_k \in \left[X_{kmin} + R_{int}^k, X_{kmin} + 2 * R_{int}^k \right] \right.; \\ \dots & \\ \mu_{K_{int}^k}^{miqk} & \left| X_k \in \left[X_{kmax} - R_{int}^k, X_{kmax} \right] \right. \end{cases} \quad (7)$$

where μ_s^{miqk} – the function that is part of the situation that affiliates to the i -th class of the alphabet m , if the value of the characteristic consisting of the q -th group is the interval s .

There is also another well-known variant of displaying characteristics – the use of LR -intervals [3], trapezoidal functions with key points (A, 0), (B, 1), (C, 1), (D, 0), where A and D correspond to the boundaries of the

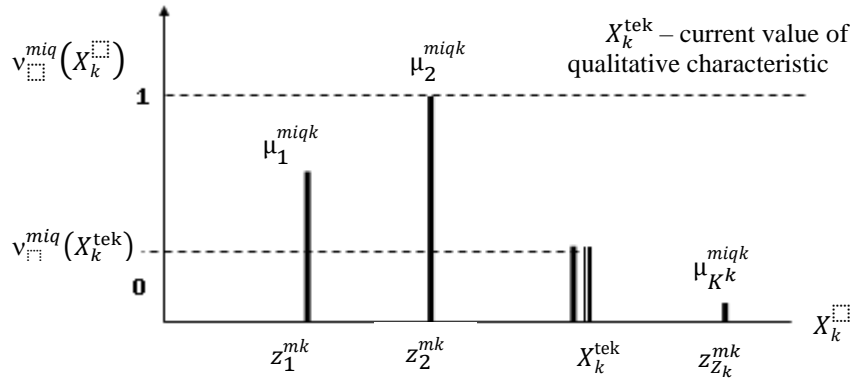


Fig. 2. Graphic illustration formalize patterns of display values of quality features

possible trait values, B and C – the range of the most possible values. But presented variational allow to transform LR-interval as histograms.

In order to assign a trapezoid interval, which is used in the LR-interval model, it is necessary to know the histogram interval. However, the use of the proposed model for formalization of quantitative characteristics allows to consider more complex patterns of onset, and, therefore, to provide more accurate situation recognition.

To formalize of the appearance regularities of qualitative attributes in the objects of a certain class expert must determine the extent possible assignment object to a class for all possible values of certain properties. Function values on qualitative characteristics shall look as present below:

$$\mu^{miq}(X_k) = \begin{cases} \mu_1^{miqk} | X_k = z_1^{mk}; \\ \mu_2^{miqk} | X_k = z_2^{mk}; \\ \dots \\ \mu_{Z_k}^{miqk} | X_k = z_{Z_k}^{mk}. \end{cases} \quad (8)$$

Graphic illustration representing regularities of quality characteristics values presented in fig. 2.

The general list of classes of alphabet is a list of characters, by which the identification occurs. The description of the patterns of characters in the object form a formalized description of the authentication process.

A description of the appearance regularities of characteristics in classes of a given alphabet is a formalization of the initial stage of recognition. For further situations recognition it is necessary to establish rules for attributing to a particular class of situations, depending on the specific values of characteristics.

The recognition procedure. The class definition of the object observed made in the following order:

- getting a set $\{X_1^{tek}, X_2^{tek}, \dots, X_L^{tek}\}$ – set of characteristics values of particular observed situation;
- determination of the degree of truth, which shows the correspondence of the current value of the attribute to the experts, describing the patterns of its occurrence in situations of the i -th class of the m -th alphabet, when the characteristic is considered as part of the q -th alternative

group of features;

- determination of measures that characterize the closeness of the situation according to the i -th class of the m -th alphabet, determine the degree of truth of alternative signs by results;
- determining generalized measures of proximity situation $\omega(K_i^m)$ to classes of m -th alphabet;
- determining class K^{m*} of situation according to the set rules of decision making about the class of object or of situation.

Evaluation of truth quantitative trait determined according to formula:

$$v^{miq}(X_k^{tek}) = \mu_s^{miqk}, \quad \text{if } X_k^{tek} \in \begin{cases} X_{k_{\min}} + (s-1) * R_{int}^k, \\ X_{k_{\min}} + s * R_{int}^k \end{cases} \quad (9)$$

Maximal value of quantitative characteristic according to last interval of histogram, i.e.

$$v^{miq}(X_k^{tek} = X_{k_{\max}}) = \mu_{K_{int}^k}^{miqk}. \quad (10)$$

Evaluation of truth qualitative characteristics will be determined in accordance with rule:

$$v^{miq}(X_k^{tek}) = \mu_s^{miqk} | X_k^{tek} = z_s^k. \quad (11)$$

According to fuzzy sets theory:

$$v(X_1 \cap X_2) = \min\{v(X_1), v(X_2)\}; \quad (12)$$

$$v(X_1 \cup X_2) = \max\{v(X_1), v(X_2)\}. \quad (13)$$

Defining measures proximity object to the i -th class of m -th alphabet degrees of truth for signs of alternative G_q carried out according to the rules of crossing the fuzzy sets. The result is:

$$\omega^{mi}(G_q) = \min_{k \in R_{iq}} \{v^{miq}(X_k^{tek})\}. \quad (14)$$

Defining measures proximity object classes alphabet

is made by applying the rules of association of fuzzy sets. The merger assessments proximity of the object to a class, the value is:

$$\omega(K_i^m) = \max_q \{\omega^{mi}(G_q)\}. \quad (15)$$

The basic rule is used to make decisions about the class object of observation is the following:

$$K^{m*} = \arg \max_i \{\omega(K_i^m)\}. \quad (16)$$

Under this rule class of situation is one measure which is close to the maximum.

To ensure the required probability recognition results using a rule the following form:

$$K^{m*} = \arg \max_i \{\omega(K_i^m)\} | \omega(K_i^m) \geq \delta. \quad (17)$$

According to this rule in determining the class of situation are considered, a measure of intimacy which exaggerates set to δ . The value threshold δ lies in the range [0,1].

To prohibit the decision of this class of object in such conditions, the following rule is used:

$$\begin{aligned} \exists i \forall j [(\omega(K_i^m) - \omega(K_j^m) > \Delta) \wedge (i \neq j)] \\ \rightarrow K^{m*} = K_i^m. \end{aligned} \quad (18)$$

The value Δ called typical margin. Its importance also is in the range [0,1]. Usually this value is equal 0.1–0.2.

In case of dissatisfaction with the requirements of the rules of decision-making about the class object carried refusal of recognition.

Representation recognition process model in database. Presented above model is the basis for the design and implementation of an appropriate system of recognition of objects or situations. It should be noted that the nature of the subject area is not important because the system will be set up as a general purpose system. It should also be noted

that the problem to be solved relates to intellectual tasks. Therefore, one should say that it is necessary to develop a knowledge base which is part of the intellectual system, the structure of which can be found for example in [12]. But from a technological point of view would be recognition system developers to design database structure. The set of tables should ensure storage of all elements of the process model identification – alphabet classes; a list of characteristics that occur in an object or situation; group structure characteristics to detect certain classes alphabet; fuzzy function reflecting the level of capabilities signs of objects of a certain class (histogram origin for quantitative characteristics and tables belonging to qualitative characteristics). These elements constitute part of declarative knowledge. Another procedural component consists inference algorithms.

The structure of the tables of a relational database is presented at fig. 3.

Use of this structure implies that it will be introduced about the alphabet (table «alphabets») and characteristics of objects (situations) that are used to detect (table «characteristic»).

Table "char_in_alph" is allowed to set relation between alphabet and binding characteristics, determining the list of characteristics that are used in a recognition alphabet. This is determined by the type of performance at specific recognition alphabet – quantitative or qualitative. For example, in medical diagnostics temperatures can be viewed as vague description of the possible values of "high", "critical" and "normal" or a numerical value in the range of 34.5 to 41.5 degrees. Thus, the link between the alphabet and feature sure to specify the type of characteristics (field "type") and the unit of measurement characteristics (field "unit_id"). This field is proposed to fill by choosing a certain value of the units set (table "units"). If the submitted quantitative characteristics, you should enter a range of values – fill "min_value" and «max_value». For qualitative characteristics of these fields remain empty and continue the processing are not considered.

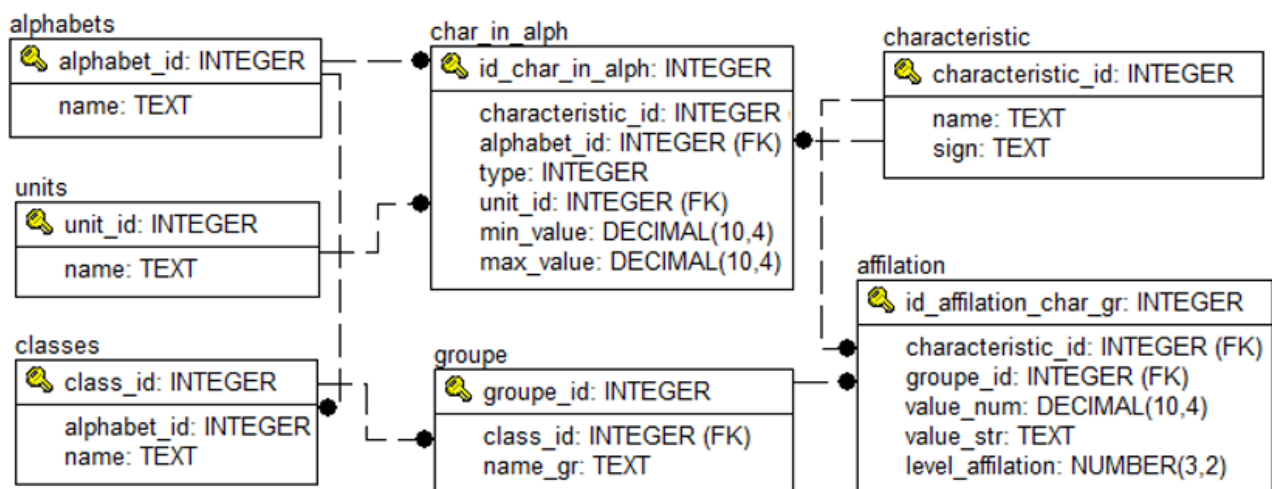


Fig. 3. Set of relative database tables for storing recognition model process

Next step is determining the list of classes that form the alphabet (table «classes») and specifying the characteristics of the groups to be used for recognition. It may be believed that each group corresponds to a single source of information about the objects that will be considered in the system of recognition. Also, groups can be created, if necessary to determine several variants belonging to the class object for one group of attributes. For example, the class "fighter" may include items that are not maneuvering, moving at medium altitude and speed with 2000–2500 km/h and objects, which maneuvering and moving below the average height at speeds of 800–1400 km/h.

The last table in the structure – table «affiliations». This structure allows to store membership functions both quantitative and qualitative values. This is achieved by using two fields for storing values – "value_str" and "value_num" and the field "level_affiliation" for storing the value of the function of affiliation to a particular class for a particular value of a certain characteristic. Using two fields (for text and for number values) allows storing affiliation functions of both types – and histogram and a set of values. When storing histogram each record of this table (for quantitative characteristics) will contain a value filled "value_num" and "level_affiliation", that reflect the right value of a histogram intervals. For qualitative attributes will be filled with couples "value_str" and "level_affiliation" for all possible values.

Immediately it should be noted that the organization of filling such a structure requires the implementation of complex algorithms input component recognition model and its future use.

Conclusions. Based on the analysis of the results of the initial stages of designing the object and situation recognition system, it can be concluded that the presence in the model of characteristics of different types complicates the process of designing the data structure for their storage model and algorithms for storing and using data. The main problematic issue here is finding a compromise in determining how to store a description of the characteristics and functions of class belonging, whether jointly or separately. The structure and complexity of the algorithms depend on the choice of storage method, since in fact the data and the algorithms for processing them only in the aggregate are knowledge of recognition processes. In addition, outside of the introduction to the development of software systems of this class, an important issue is to create an interface that is easy to understand and use by users without special knowledge. Creating software with such capabilities need a very much time.

References

1. Горелик А. Л., Скрипкин В. А. *Методы распознавания*. М.: Высшая школа, 2004. 261 с.
2. Вятчинин Д. А. *Нечеткие методы автоматической классификации*. Минск: УП «Технопринт», 2004. 219 с.
3. Грачев В. М., Попрыгин А. Н. Методика распознавания классов воздушных объектов в АСУ ПВО с использованием однородной функциональной сетью. *Сб. научн. тр. ХВУ*. Х.: ХВУ. 1995. Вып. 8. С. 49–54.
4. Вагис А. Гупал А. Эффективность байесовских процедур распознавания. *ITHEA International Scientific Society*. 2008. URL: http://www.foibg.com/ibs_isc/ibs-15/ibs-15-p11.pdf (accessed 15.09.2019).

5. Барский А. Б. *Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений*. М.: Финансы и статистика, 2004. 176 с.
6. Голоскоков А. С., Мельник К. В. Процедура діагностування стану серцево-судинної системи пацієнту на основі нечіткої логіки. *Вісник НТУ «ХПІ»*. Тематичний випуск: *Інформатика і моделювання*. Х.: НТУ «ХПІ». 2008. № 49. С. 101–104.
7. Павленко М. А. Метод формализации знаний о процессе распознавания ситуаций нарушения правил движения воздушными судами. *Системы управления, навигации и зв'язку*. – К.: ДП «ЦНДІ НІУ». 2012. Вип. 2 (22). С. 86–92.
8. Андрушко І. В. Розпізнавання передаварійних та аварійних ситуацій діагностованих промислових об'єктів на основі логіко-статистичних інформаційних моделей. *Штучний інтелект*. 2008. № 4. С. 309–316.
9. Singh V, Pongpaichet S, Jain R. Situation recognition from multimodal data. *Proceedings of the 2016 ACM International Conference on Multimedia Retrieval (ICMR 2016)*. 2016. P. 1–2.
10. Chetty G., Yamin M. A Novel Multimodal Data Analytic Scheme for Human Activity Recognition. URL: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-642-55355-4_47.pdf (accessed 15.09.2019).
11. Dvukhglavov D. E., Muzyka O. V., Hlazzkov S. O. Model of the situations recognition in conditions dissimilar and incomplete data. *Вісник НТУ «ХПІ»*. Серія: *Системний аналіз, управління та інформаційні технології*. Х.: НТУ «ХПІ». 2016. № 37 (1209). С. 17–21.
12. Довбиш А. С. *Основы проектирования интеллектуальных систем*. Сумы: Вид-во СумДУ. 2009. 171 с.

References (transliterated)

1. Gorelik A. L., Skripkin V. A. *Metody raspoznavaniya* [The Recognition Methods]. Moscow, Vysshaja Shkola Publ., 2004. 261 p.
2. Vjatchenin D. A. *Nechetkie metody avtomaticheskoy klassifikacii* [Indistinct Methods of Automatic Classification]. Minsk, UP "Technoprint" Publ., 2004, 219 p.
3. Grachev V. M., Poprygin A. N. *Metodika raspoznavaniya klassov vozdukhnykh ob'ektov v ASU PVO s ispol'zovaniem odnorodnoy funktsional'noj seti* [Technique of air objects classes recognition in AirDefense ACS with use of uniform functional network]. *Sb. nauchn. tr. KhVU* [Collection of scientific papers of Kharkov Military University]. Kharkov, KhMU Publ., 1995, no. 8, pp. 49–54.
4. Vagis A., Gupal A. *Jeffektivnost' bajesovskih procedur raspoznavaniya* [Efficiency of Bayesian procedures of recognition]. *ITHEA International Scientific Society*, 2008. Available at: http://www.foibg.com/ibs_isc/ibs-15/ibs-15-p11.pdf (accessed 15.09.2019).
5. Barskij A. B. *Nejronnyeseti: raspoznavanie, upravlenie, prinjatiereshenij* [Neural networks: recognition, management, decision-making]. Moscow, Finansyand Statistika Publ., 2004. 176 p.
6. Goloskokov A. Ye., Mel'nik K. V. *Procedura diagnostuvannya stanu sercevo-sudynnoi systemy paciyentu na osnovi nechitkoyi logiky* [The procedure of diagnosing the state of patient cardiovascular system based on fuzzy logic]. *Visnyk NTU "KhPI"* [Bulletin of the National Technical University "KhPI"]. *Tematychnyy vypusk: Informatyka i modelyuvannya* [Special issue: Informatics and modeling]. Kharkiv, NTU "KhPI" Publ., 2008, no. 49, pp. 101–104.
7. Pavlenko M. A. *Metod formalizacii znaniy o processe raspoznavaniya situacij narushenija pravil dvizheniya vozdushnymi sudami* [Method of knowledge formalization of process of recognition of the movement rules violation by aircrafts situations]. *Systemy upravlinnya, navigaciyi i zvyazku* [Control systems, navigation and communication]. Kyiv, GE "CSRI N&C" Publ., 2012, no. 2 (22), pp. 86–92.
8. Andrushko I. V. *Rozpiznavannya peredavarijnyx ta avariynyx sy'tuacij diagnostovanyx promy'slovyx ob'ektiv na osnovi logiko-statystychnyx informacijnyx modelej* [Recognition of pre-accident and emergency situations of diagnosed industrial objects on the basis of logical and statistical information models]. *Shtuchnyj intelekt* [Artificial Intelligence]. 2008, no. 4, pp. 309–316.
9. Singh V, Pongpaichet S, Jain R. Situation recognition from multimodal data. *Proceedings of the 2016 ACM International Conference on Multimedia Retrieval (ICMR 2016)*. 2016, pp. 1–2.
10. Chetty G., Yamin M. *A Novel Multimodal Data Analytic Scheme for Human Activity Recognition*. Available

at: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-642-55355-4_47.pdf (accessed 15.09.2019).

11. Dvukhglavov D. E., Muzyka O. V., Hlaskov S. O. Model of the situations recognition in conditions dissimilar and incomplete data. *Visnyk NTU «KhPI»: zb. nauk. pr. Seriya: Sy'stemny'y analiz, upravlinnya ta informacijni tehnologiyi*. [Bulletin of NTU "KhPI".

Series: System analysis, control and information technology]. Kharkiv, NTU "KhPI", 2016, no. 37 (1209), pp. 17–21.

12. Dovby'sh A. S. *Osnovy' proektuvannya intelektual'ny'x sy'stem*. Sumy', SumGU Publ., 2009, 171 p.

Received 30.09.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Двухглавов Дмитро Едуардович – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри «Програмна інженерія та інформаційні технології управління»; тел.: (095) 120-30-66; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3361-3212>; e-mail: ddimae72@gmail.com

Двухглавов Дмитрий Эдуардович – кандидат технических наук, доцент, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», доцент кафедры «Программная инженерия и информационные технологии управления»; тел.: (095) 120-30-66; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3361-3212>; e-mail: ddimae72@gmail.com

Dvukhglavov Dmytro Eduardovych – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Associate Professor at the Department «Software engineering and management information technology»; tel.: (067) 839-12-41; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3361-3212>; e-mail: ddimae72@gmail.com

Рябуха Тетяна Олегівна – студентка магістратури, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»; тел.: (098) 043-09-48; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8881-0619>; e-mail: tanyanice97@gmail.com

Рябуха Татьяна Олеговна – студент магистратуры, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»; тел.: (098) 043-09-48; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8881-0619>; e-mail: tanyanice97@gmail.com

Riabukha Tatiana Olegivna – student of magistracy, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"; tel.: (098) 043-09-48; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8881-0619>; e-mail: tanyanice97@gmail.com

УДК 004.93

DOI: 10.20998/2079-0023.2019.02.10

Ю. В. ПАРЖИН, М. Н. СОЛОЩУК, Н. Ю. ЛЮБЧЕНКО

АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИИ В НЕЙРОМОРФНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЯХ НЕЙРОНОВ

Рассматривается системный принцип построения детекторных искусственных нейронных сетей (ДНС). Этот принцип основан на определении и детектировании структурных элементов распознаваемых образов, а также их производных и производных характеристик. Непроизводные структурные элементы, а также их качественные и количественные характеристики определяются эмпирически. Эти элементы и их характеристики детектируются специфическими нейронами-детекторами ДНС на этапе сенсорного восприятия. Процесс детектирования производных структурных элементов основан на открытии Дэвидом Хьюбелом (David Hubel) и Т. Визелем (Torsten Wiesel) избирательной реакции нейронов первичной зрительной коры мозга на определенные стимулы. Однако производных структурных элементов и их характеристик недостаточно для решения задачи классификации образов. Это связано с тем, что в процессе обучения нейрона-детектора класса образов происходит потеря информации, которая не содержит устойчивых признаков классификации. Эта потеря информации отражает обобщающую способность ДНС и ведет к уменьшению ее разрешающей способности. Для увеличения разрешающей способности ДНС необходима дополнительная информация. Эта информация может быть получена в результате формирования производных характеристик структурных элементов распознаваемого образа. Формирование производных характеристик отражает процесс информационного анализа, осуществляемого нейронами-анализаторами ДНС, которые, по мнению авторов, являются информационными моделями биологических нейронов-анализаторов. Тогда процесс информационного синтеза реализуется единичными производными нейронами-детекторами ДНС. Эти нейроны-детекторы реагируют на цельные образы. Построение информационных моделей нейронов основывается на выдвинутых авторами гипотезах нейронного кода, объясняющих информационную сущность реакций нейронов.

Ключевые слова: детекторная нейронная сеть, нейрон-детектор, нейрон-анализатор, нейроморфная модель нейрона, искусственная нейронная сеть, искусственный интеллект.

Ю. В. ПАРЖИН, М. М. СОЛОЩУК, Н. Ю. ЛЮБЧЕНКО

АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЇ В НЕЙРОМОРФНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЯХ НЕЙРОНІВ

Розглядається системний принцип побудови детекторних штучних нейронних мереж (ДНМ). Цей принцип заснований на визначенні та детектуванні структурних елементів образів, що розпізнаються, а також їх непохідних та похідних характеристик. Непохідні структурні елементи, а також їх якісні та кількісні характеристики визначаються емпірично. Ці елементи і їх характеристики детектуються специфічними нейронами-детекторами ДНМ на етапі сенсорного сприйняття. Процес детектування непохідних структурних елементів ґрунтується на відкритті Девідом Хьюбел (David Hubel) і Т. Візель (Torsten Wiesel) виборчої реакції нейронів первинної зорової кори мозку на певні стимули. Однак непохідних структурних елементів і їх характеристик недостатньо для вирішення задачі класифікації образів. Це пов'язано з тим, що в

© Ю. В. Паржин, М. Н. Солощук, Н. Ю. Любченко, 2019